

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-149109

(43)Date of publication of application : 07.06.1996

(51)Int.Cl. H04J 14/00
H04J 14/02
H04B 10/08

(21)Application number : 06-288351

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 22.11.1994

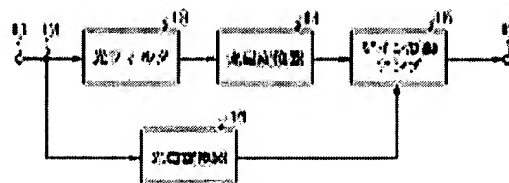
(72)Inventor : OBARA HITOSHI

(54) OPTICAL WAVELENGTH MONITOR CIRCUIT

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide an optical wavelength monitor circuit with excellent measurement sensitivity and simple circuit configuration in which a wavelength of an optical signal is identified without mis-discrimination of an optical signal of other wavelength by setting a period of a wavelength transfer characteristics of an optical filter different from a wavelength interval of plural optical signals.

CONSTITUTION: This circuit is provided with an optical filter 13 whose wavelength transfer characteristics for input of any of plural optical signals is periodic with respect to the wavelength and a photoelectric converter 14 measuring the level of an optical signal transmitted through the optical filter 13 and the period of the wavelength transfer characteristics of the optical filter 13 is set differently from the wavelength interval of the plural optical signals, and also with a gain control amplifier 15 controlling the measured value of the photoelectric converter 14 based on the result of measurement of the photoelectric converter 16. The period of the wavelength transfer characteristics of the optical filter 13 and the wavelength interval of the optical signals are deviated in this way, a wide wavelength range and high sensitivity are simultaneously realized regardless of a discrete measurement wavelength and a limited fluctuation range.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-149109

(43) 公開日 平成8年(1996)6月7日

(51) Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 J	14/00			
	14/02			
H 0 4 B	10/08			

H 0 4 B 9/ 00

E

K

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平6-288351

(22) 出願日 平成6年(1994)11月22日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 小原 仁

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

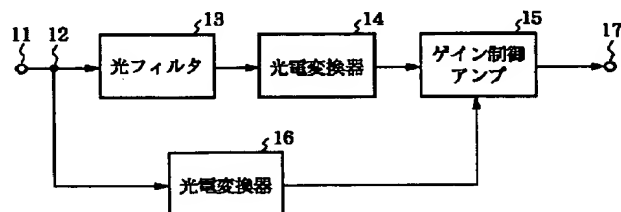
(74) 代理人 弁理士 井出 直孝 (外1名)

(54) 【発明の名称】 光波長監視回路

(57) 【要約】

【目的】 波長間隔があらかじめ定められた値の実質的に整数倍となるように設定された光信号の波長を他の光信号と混同することなく識別可能であり、測定感度が良好で回路構成も簡単な光波長監視回路を提供する。

【構成】 波長伝達特性の周期が光信号の波長間隔と異なる光フィルタ13を用い、この光フィルタ13を透過した光信号のレベルを測定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長間隔があらかじめ定められた値の実質的に整数倍となるように設定された複数の光信号のいずれかが入力される波長伝達特性が波長に対して周期的な光フィルタと、

この光フィルタを透過した光信号のレベルを測定する手段とを備えた光波長監視回路において、

前記光フィルタの波長伝達特性の周期が前記複数の光信号の波長間隔とは異なって設定されたことを特徴とする光波長監視回路。

【請求項2】 前記光フィルタの光信号入力を分岐してその光信号レベルを測定する分岐測定手段と、この分岐測定手段の測定結果に基づいて前記測定する手段の測定値を補正する手段とを備えた請求項1記載の光波長監視回路。

【請求項3】 前記光フィルタに入力される光信号のレベルを実質的に一定に保つ手段を備えた請求項1記載の光波長監視回路。

【請求項4】 前記光フィルタを複数備え、この複数の光フィルタはその波長伝達特性の周期が同一で互いに位相が異なるように設定され、この複数の光フィルタのいずれかを選択する手段を備えた請求項1ないし3のいずれか記載の光波長監視回路。

【請求項5】 前記光フィルタを複数備え、この複数の光フィルタはその波長伝達特性の周期が互いに異なって設定された請求項1ないし3のいずれか記載の光波長監視回路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は複数の波長または周波数の光信号が多重される光通信システムに利用する。特に、各信号があらかじめ定められた波長位置または周波数位置に正しく配置されているかどうかの監視、あるいは波長多重または周波数多重する光信号を発生する光源の出力波長または出力周波数の監視に関する。

【0002】 光の波長と周波数とは互いに1対1に対応しており、本明細書では簡単のため波長測定のみについて説明する。

【0003】

【従来の技術】 光の波長または周波数は、市販の高価な波長計を用いることで、広い波長領域で高精度の測定が可能である。しかし、光波長多重通信の場合には、比較的狭い波長領域に離散的に配置された光信号の波長を監視できれば十分であり、高価な波長計を用いる必要はない。また、光通信システムの一部に組み込み可能な小型で経済的なものが望ましい。

【0004】 このような用途の光波長監視回路として最も一般的に用いられているのは、光フィルタの波長伝達特性を利用した波長・振幅変換によるものであり、二つの代表的な従来技術がよく知られている。

【0005】 第一の従来技術は光フィルタのピーク付近の微分特性を利用するものであり、特に光信号波長が等間隔に配置された場合に利用される。すなわち、周期的な透過特性のピーク位置と光信号波長配置とを一致させたファブリペローフィルタやマッハツェンダ型干渉フィルタなどの光フィルタに光信号を入力し、光信号波長または光フィルタの透過特性に微小な変調を与え、光フィルタ出力の変調成分のレベルを測定するものである。この従来技術は、監視回路がやや複雑であり、光信号の波長が基準波長間隔以下の波長誤差については精度よく検出可能であるが、基準波長間隔の整数倍またはその近傍に波長がずれた場合は正しい監視結果が得られないという欠点がある。

【0006】 第二の従来技術は光フィルタの伝達特性の最も急な傾斜部分を利用したいわゆる波長デスクリミネータである。この従来技術では、第一の従来技術のように周期性を利用していないため、波長ごとに測定レベルが異なり第一の従来技術の欠点を解決できる。この従来技術は回路が簡易であり、非常に狭い波長範囲の測定ならば光フィルタの伝達特性の傾斜を大きくできるため、高い測定感度が得られる。しかし、複数の光信号が多重される波長範囲をカバーするためには、互いに測定波長範囲の異なる多数の波長デスクリミネータを用意する必要があり、回路規模が増大するという欠点がある。

【0007】 第二の従来技術の欠点を解決する技術として、スキャニング型ファブリペローフィルタ（SFPP）を用いた技術も知られている。この技術では、光信号をSFPPに入力した状態でSFPPの透過ピークを基準波長より掃引させて、SFPPの出力の光信号レベルを測定する。入力光信号の波長とSFPPの透過ピークとが一致しない状態では出力レベルが小さく、入力光信号の波長とSFPPの透過ピークとが一致すると出力レベルが大きくなる。SFPPの透過ピークは幅が十分に小さく、スキャニング速度が一定であると仮定すると、掃引開始から出力レベルが検出されるまでの時間を計測することにより、入力光信号の波長を間接的に測定することができる。

【0008】 SFPPの代わりに掃引型の波長可変光源を用い、入力光信号とカップリングさせてホトダイオードなどで二乗検波することにより入力光信号と波長可変光源との周波数差を生成し、これを狭帯域の電気フィルタで受信する技術も知られている。

【0009】 これらのSFPPまたは掃引型の波長可変光源を用いる技術（以下「第三の従来技術」という）は、波長測定を時間領域で行う波長デスクリミネータとも言うべきものであり、第二の従来技術のように光信号レベルを直接に測定するよりパルス時間間隔測定の方が誤差要因が少なく、高精度の測定が可能であるという特徴がある。また、SFPPまたは波長可変光源の掃引範囲で任意の波長が測定可能である。しかし、アクティブな光デ

3

バイスとその駆動のための電気回路が新たに必要となるため回路が複雑化し、また、掃引速度の非直線性がそのまま波長測定誤差となる欠点がある。

【0010】第三の従来技術における非直線性の問題を改良するため、波長可変光源とファブリペローフィルタとを組み合わせた技術も知られている。この技術は「基準パルス法」と呼ばれる。以下では「第四の従来技術」という。この技術については、例えば、シモサカ(N. Shimosaka) 他、"Frequency locking of FDM optical sources using wide tunable DBR-LDs", Proceedings of the OPTical Fiber Conference, paper ThG3, 1988 に詳しい。

【0011】基準パルス法すなわち第四の従来技術では、掃引型の波長可変光源を用い、その光出力を二つに分ける。その一方を周期的な透過特性のピーク位置と光信号波長配置とを一致させたファブリペローフィルタやマッハツェンダ型干渉フィルタなどの光フィルタに入力し、その光出力レベルを検出する。この結果、光信号に割り当てられる波長位置でパルスが発生し、これが指定された波長位置を示す基準パルスとなる。他方の掃引光信号については、波長掃引型の技術と同じく、監視すべき光信号とカップリングさせてホトダイオードなどで二乗検波し、入力光信号と波長可変光源との周波数差を生成してそれを狭帯域の電気フィルタで受信する。この結果、入力光信号波長と被監視光信号との波長が一致した時点で、一致パルスが検出される。この一致パルスの発生時刻と基準パルスの発生時刻とを比較することにより、被監視光信号の波長誤差を測定できる。この場合、掃引速度の非直線性の影響は小さい。しかし、この技術は第三の従来技術に相当する2系列の回路が必要となるため最も複雑であり、しかも波長掃引光源が必要となるため消費電力が大きく、価格も高くなる欠点がある。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】このように、等間隔またはその近傍に配置された光信号の波長を他の波長位置の光信号と混同することがあり、第二の従来技術では測定感度が小さく多数の測定回路が必要となり、第三および第四の従来技術では回路が複雑化するという課題がある。

【0013】本発明は、これらの課題を解決し、光信号の波長を他の波長位置の光信号と混同することなく識別可能であり、測定感度が良好で、回路構成も簡単な光波長監視回路を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の光波長監視回路は、波長間隔があらかじめ定められた値の実質的に整数倍となるように設定された複数の光信号のいずれかが入力される波長伝達特性が波長に対して周期的な光フィルタと、この光フィルタを透過した光信号のレベルを測定する手段とを備えた光波長監視回路において、光フィル

4

タの波長伝達特性の周期が複数の光信号の波長間隔とは異なって設定されたことを特徴する。

【0015】光フィルタの光信号入力を分岐してその光信号レベルを測定する分岐測定手段と、この分岐測定手段の測定結果に基づいて測定する手段の測定値を補正する手段とを備えることがよい。また、これとは別に、光フィルタに入力される光信号のレベルを実質的に一定に保つ手段を備えることもできる。

【0016】光フィルタを複数備え、この複数の光フィルタはその波長伝達特性の周期が同一で互いに位相が異なるように設定され、この複数の光フィルタのいずれかを選択する手段を備えることができる。

【0017】光フィルタを複数備え、この複数の光フィルタの波長伝達特性の周期を互いに異なって設定することもできる。

【0018】

【作用】本発明では、上述した第一の従来技術と同様に、周期的な透過特性のピークを有するファブリペローフィルタやマッハツェンダ型フィルタなどの光フィルタを用いて波長監視を行うが、この光フィルタの周期と光信号の波長間隔が異なっていることが最大の特徴である。第一、第三および第四の従来技術では、いずれも光フィルタの周期と光信号の波長間隔は一致していることが必要であった。また、第二の従来技術では、光フィルタの伝達特性の傾斜部分を利用しており、光フィルタの周期性は利用していなかった。したがって、光フィルタの周期性を利用し、かつその周期が光信号波長間隔と異なるように設定するという点は、従来技術と基本的に相違する。

【0019】本発明では、測定波長が離散的で変動範囲が限定されるものの、広い波長範囲と高感度を同時に実現できる。

【0020】光フィルタの光信号入力を分岐してそのレベルを測定し、その測定値に基づいて光フィルタの出力の測定値を補正することで、一定の入力信号レベルが入力されたときの信号レベルに対応するように出力レベルを補正でき、入力光信号レベルの変動に対処することができる。光フィルタの前段で光フィルタに入力される光信号のレベルを実質的に一定に保っても同様である。

【0021】また、波長伝達特性の周期が同一ではあるがその位相が互いに異なる複数の光フィルタ、または波長伝達特性の周期が異なる光フィルタを用いることで、測定波長範囲を拡大することもできる。

【0022】

【実施例】図1は本発明第一実施例の光波長監視回路を示すブロック構成図であり、図2はその動作を説明する図である。ここでは、本発明の基本的な構成について説明する。

【0023】この光波長監視回路は、波長間隔があらかじめ定められた値の実質的に整数倍となるように設定さ

5

れた複数の光信号のいずれかが入力される波長伝達特性が波長に対して周期的な光フィルタ13と、この光フィルタ13を透過した光信号のレベルを測定する光電変換器14とを備え、光フィルタ13の波長伝達特性の周期が複数の光信号の波長間隔とは異なって設定されている。また、入力光信号レベル変動に対処するため、光フィルタの光信号入力を分岐してその光信号レベルを測定する光カップラ12および光電変換器16と、この光電変換器16の測定結果に基づいて光電変換器14の測定値を補正するゲイン制御アンプ15とを備える。

【0024】光ファイバ入力端子11には、監視対象となる光信号が入力される。光カップラ12は入力光信号を分岐する。光フィルタ13はマッハツェンダ型干渉フィルタなどの周期性を有し、波長・振幅変換を行う波長デスクリミネータとして動作する。光電変換器14は例えばホトダイオードにより構成され、光信号パワーを電気信号に変換して、光信号の波長に対応する電気信号をゲイン制御アンプ15を介して電気信号出力端子17に出力する。

【0025】光ファイバ入力端子11から入力された光信号は光フィルタ13に入力される。光フィルタ13は波長によって透過率が異なり、その出力信号レベルを光電変換器14で測定することにより、波長値を求めることができる。この動作は第一および第二の従来技術における波長・振幅変換型の光フィルタと同じであるが、本実施例は、光フィルタの周期と光信号周期とがわずかにずれている。

【0026】図2は光フィルタの波長伝達特性と光信号の透過率との関係を示す。光フィルタの波長伝達特性は周期的であり、その透過率がピークとなる波長の間隔（波長伝達特性の周期）を δ_f とする。また、光信号の波長間隔を δ_s とする。ここで、 δ_f と δ_s とが互いに異なるように、例えば $\delta_s : \delta_f = 1 : 0.97$ に設定する。このように光フィルタの波長伝達特性の周期と光信号の波長間隔とを互いにずらすことにより、光フィルタに波長の異なる同一レベルの光信号を入力したときに、光フィルタの出力レベルが光信号の波長により異なるようになる。このため、光フィルタは図2の破線で示した特性をもつ波長デスクリミネータと等価となる。この場合、光フィルタの波長伝達特性の周期に対して波長

デスクリミネータのカバーする波長範囲が大きくなる。【0027】また、あるひとつの波長の光信号に着目し、その光信号の波長がわずかにずれたとすると、その波長ずれに起因する光フィルタの出力レベルの変化（すなわち測定感度）は、図2に破線で示した特性ではなく、光フィルタの波長伝達特性に依存する。したがって、微小な波長変動を高感度に測定できる。なお、この場合に、波長ずれの許容量と測定感度とはトレードオフの関係がある。すなわち、隣接の光信号の測定レベルとの混合がないという条件を満たす必要があるため、感

6

度を大きくとると波長ずれ許容量が小さくなる。逆に、感度を小さくすると波長ずれ許容量が大きいという性質がある。

【0028】このように、光フィルタの波長伝達特性の周期と光信号の波長間隔とを互いにずらすことにより、測定波長が離散的で変動範囲が限定されるものの、広い波長範囲と高感度を同時に実現できる。

【0029】本実施例の主要な構成要素は第一および第二の従来技術と同じくパッシブな光フィルタと光電変換器であり、最も簡易な回路構成で実現できる。

【0030】なお、光フィルタ13としてマッハツェンダ型干渉フィルタを用いる場合には、二つの出力ポートに出力される相補的な光信号レベルを利用することもできる。すなわち、二つの出力ポートにそれぞれ光電変換器を接続し、これらの光電変換器の二つの出力信号の差をとることにより、さらに測定感度を高めることができる。また、これと同時に、測定系の雑音成分（同相成分）をキャンセルすることができる。

【0031】以上のように、本実施例では、広い波長範囲と高感度の測定とを小型で簡易な回路で実現でき、経済的である。また、主にパッシブな部品で構成されるため、消費電力が小さく、故障に対して強い。

【0032】次に、入力光信号レベル変動への対処について説明する。光ファイバ入力端子11に入力される光信号レベルが波長によらず一定であれば、図2に示したように、光フィルタ13の出力レベルが直接に入力光信号の波長に対応する。しかし、入力光信号のレベルが波長ごとに異なる場合や、同じ波長の信号でも測定ごとに入力レベルが変動する場合は、光フィルタ13および光電変換器14だけでは正しい測定結果を得ることができない。あるいは、測定中の温度変動などに起因する光信号レベルの変動がそのまま測定レベルの変動となって出力されるため、安定した測定を実現できない。

【0033】このような変動に対処するため図1に示した実施例では、入力光信号の一部を光カップラ12で分岐し、光電変換器16により入力光レベルを測定し、その測定結果に基づき、一定の入力光信号レベルに対応する出力信号レベルが得られるように、光電変換器14の出力をゲイン制御アンプ15により増幅または減衰させる。この結果、入力光信号レベルを仮想的に一定にしたことと同じ効果が得られ、入力光信号レベルに依存しない波長測定が可能となる。ゲイン制御アンプ15は従来から一般的に知られており、ここでは説明を省略する。

【0034】図3は本発明第二実施例の光波長監視回路を示すブロック構成図である。この実施例は、入力光信号レベル変動に対処するため、入力光信号の一部を分岐してそのレベルを測定するのではなく、前段に光出力レベルを一定とするフィードバック制御手段が設けられた光アンプ18を光フィルタ13の前段に設け、光フィルタ13への入力光信号レベルそのものを一定に制御す

7

る。このような光アンプ 18 は従来から一般的に知られており、ここでは説明を省略する。

【0035】以上のように、第一および第二実施例では、入力光信号レベルの変動をモニタまたは抑圧する簡易な手段により、再現性が高く安定した波長測定が可能になる。

【0036】次に光フィルタ 13 の非線形性への対処について説明する。波長デスクリミネータを構成する光フィルタ 13 の透過区制は一般に波長に対して非線形の関係にあり、電気信号出力端子 17 の出力信号レベルと波長値とは比例しない。この非線形性を補正する方法としては、従来から知られている方法を用いることができる。その代表的なものとしては、アナログ方式とデジタル方式がある。アナログ方式では、演算増幅器およびダイオードその他を用い、非線形な特性の逆特性を折れ線近似で実現する。デジタル方式では、電気信号出力端子 17 の出力信号をデジタル信号に変換し、それを非線形性の補正データが記憶された変換テーブル（メモリ回路）のアドレス信号として与え、これに対応するデータを波長値として出力する。いずれの方法も、電気信号出力端子 17 の出力に補正回路を追加することで容易に実現できる。なお、光フィルタ 13 以外の部分に波長依存性がある場合にも、同じ補正回路により統一的に補正することができる。

【0037】このように、電気信号出力端子 17 の出力に補正回路を追加することで、波長依存性の少ない高精度の測定が可能となる。

【0038】第一実施例および第二実施例で用いる光フィルタ 13 の波長伝達特性は、一般に製造誤差や温度変化などによって変化する。光フィルタの波長伝達特性がこれらの要因によって設計値からずれた場合、光フィルタ 13 の出力レベルが変動し、波長測定誤差を生じる。この誤差を除去するための回路を付加した実施例について以下に説明する。

【0039】図 4 は本発明第三実施例の光波長監視回路を示すブロック構成図である。この実施例は、光波長監視回路が組み込まれるシステムの基準となる波長を発生する基準光源 21、監視対象となる光信号が入力される光信号入力端子 22、基準光源 21 からの入力と光信号入力端子 22 からの入力との一方を選択する光スイッチ回路 23、光スイッチ回路 23 の接続パターンを制御するスイッチ制御信号（スイッチ制御部については省略）が入力される制御端子 24、光波長を監視する光波長監視部 25、この光波長監視部 25 内の光フィルタの伝達特性を調整する制御部 26 および光波長監視部 25 の出力に接続された電気信号出力端子 27 を備える。

【0040】この実施例には、光スイッチ回路 23 の接続パターンに対応して二つの動作モードがある。光スイッチ回路 23 が基準光源 21 に接続された状態では、波長が既知の基準光信号が光波長監視部 25 に入力され

8

る。この場合、電気信号出力端子 27 の出力信号は、基準光源 21 からの波長に対応したあらかじめ定められたレベルとなっている必要がある。このとき制御部 26 は、電気信号出力端子 27 の信号レベルがあらかじめ定められたレベルとなるように、光波長監視部 25 内の光フィルタの駆動バイアス信号を制御し、光フィルタの伝達特性を調整する。具体的には、駆動バイアス信号により光フィルタの温度を変化させ、その伝達特性をシフトさせる。次に、光スイッチ回路 23 により光信号入力端子 22 を選択し、実際の測定を行う。通常は光スイッチ回路 23 を基準光源 21 に接続した状態とし、測定時に光信号入力端子 22 に接続する。光信号入力端子 22 が選択された場合には、制御部 26 はフィードバック動作を中止し、制御信号をサンプルホールド回路その他により保持する。

【0041】以上のように、本実施例では、光フィルタの特性を基準波長により校正することができ、高精度の測定が可能になる。

【0042】図 2 に示した本発明の基本測定原理において、測定可能な最大波長数 N は近似的に次のように表される。

【0043】

【数 1】

$$N = \frac{1}{2} \cdot \frac{\delta_s}{\delta_s - \delta_f}$$

ただし、 δ_f は光フィルタの透過率がピークとなる波長間隔、 δ_s は光信号の波長間隔である。 N は δ_f と δ_s との差を小さくするほど大きくできるが、前述のように光信号の波長ずれの許容量が小さくなるので、ひとつの光フィルタを用いた光波長監視回路での測定可能な波長数には限界がある。以下では、図 1、図 3 または図 4 に示した実施例を用いて測定波長範囲を拡大するための構成について説明する。

【0044】図 5 は本発明第四実施例の光波長監視回路を示すブロック構成図であり、図 6 はその動作を説明する図である。この実施例は、第一実施例ないし第三実施例のいずれかを用いた光波長監視部 34、35、測定すべき光信号が入力される光信号入力端子 31、この光信号入力端子 31 に入力された光信号を光波長監視部 34、35 のいずれか一方に振り分ける光スイッチ回路 32、この光スイッチ回路 32 の接続パターンを制御する光スイッチ制御端子 33、光波長監視部 34、35 の出力の一方を選択する電気スイッチ回路 36、この電気スイッチ回路 36 の接続パターンを制御する制御端子 37 および測定信号を出力する電気信号出力端子 38 を備える。光スイッチ回路 32 および電気スイッチ回路 36 は同じ光波長監視部 34 または 35 を選択するように動作する。

【0045】光波長監視部 34、35 はその構成が同じ

であり、それぞれの光フィルタの波長伝達特性の周期も同一であるが、その位相が互いにずれている。例えば、光波長監視部34は図2に示したように透過率がピークとなる波長間隔が δ_f の光フィルタを内蔵し、光波長監視部35はそれとは透過率のピークが $\delta_f/4$ だけずれた光フィルタを内蔵するものとする。これらの二つの光フィルタによる波長デスクリミネータ特性（光信号に対する透過率の包絡線、図6には「特性1」、「特性2」と示す）は、図6に示すように、包絡線全体でも $1/4$ 周期ずれた特性となる。すなわち、ひとつの光フィルタの測定波長範囲は図6に示した波長範囲 $\Lambda_1 \sim \Lambda_4$ のいずれかに1区間に限定されるのに対し、本実施例のようにオフセット配置された二つの光フィルタを用いることで、測定波長範囲を $\Lambda_1 \sim \Lambda_4$ の全区間、すなわち波長範囲 Λ_5 に拡張できる。ただし、測定区間に応じて二つの光フィルタの一方を選択して使用する必要があり、これは光スイッチ回路32および電気スイッチ回路36により実現される。

【0046】測定する光信号の波長の概略値があらかじめわかっている場合は、その波長をカバーする測定区間を選択する。図6において特性1の包絡線に着目すると、波長区間 Λ_1 と波長区間 Λ_3 での測定に利用できるが、その出力レベルは同じ範囲になる。これにより、本来は波長区間 Λ_1 にあるべき波長が誤って波長区間 Λ_2 の波長に設定されていたとすると、その識別をできない可能性がある。しかし、このような危険性は次のような測定方法を採用することにより回避できる。

【0047】上述の例において、波長区間 Λ_1 と Λ_3 とでは特性1の光フィルタが使用されるが、その場合、特性2の光フィルタ出力に着目すると、それぞれの区間で出力レベルが最大および最小レベルをとることがわかる。したがって、特性1の光フィルタで測定した後、特性2の光フィルタ出力をモニタしてその出力レベルを判定することにより、どちらの区間かの判定を容易に実現できる（測定の順番は逆でもよい）。この結果、デッドゾーンを生じることなく、広い波長範囲の測定が可能となる。

【0048】ここでは光フィルタだけでなく光電変換器を含む光波長監視部を並列化した例を示したが、光電変換部を共通化し、光フィルタのみを並列化することもできる。また、並列数は2に限定されるものではなく、原理的に任意の数の光フィルタまたは光波長監視部を並列化することが可能である。さらに、各光フィルタの入力光信号レベルは低下するが、光スイッチ回路32を光カップラに置き換え、並列配置された光フィルタに常時光信号を入力した状態とすることも可能である。

【0049】以上のように本実施例では、波長伝達特性の位相が異なる同一周期の光フィルタまたはそのような光フィルタを備えた回路を複数個並列に用いることにより、測定波長範囲を容易に拡大することができる。

【0050】第一ないし第三実施例では測定波長範囲が波長デスクリミネータの包絡線の周期の $1/4$ が限界であったのに対し、第四実施例では同じく包絡線のほぼ一周期まで測定波長範囲を拡大できた。この限界をさらに越える測定波長範囲を実現するための回路構成を以下に説明する。

【0051】図7は本発明第五実施例の光波長監視回路を示すブロック構成図であり、図8はその動作を説明する図である。この実施例は、測定対象となる光信号が入力される光信号入力端子41、この光信号入力端子41に10 入力された光信号が光カップラで分岐されて入力される測定回路42、43、測定回路42、43の出力信号のレベルをもとに波長値を計算する演算回路44およびその演算の結果得られた波長データが出力される出力端子45を備える。測定回路42は図5に示した第四実施例と同等の回路であり、デッドゾーンのない波長デスクリミネータとして動作する。測定回路43は図1、図3または図4のいずれかに示されたと同等の回路であり、その中の光フィルタの周期は測定回路42内の光フィルタの周期と異なっている。

【0052】測定回路42の波長透過特性は、模擬的に図8の(a)のように表される。ただし、ここではデッドゾーンがなくリニアに近い特性であることを強調しているが、実際の特性は図6に示したような折れ線で近似される。図8の(b)は測定回路43の波長デスクリミネータ特性の包絡線を示す。測定回路43の特性は、測定回路42の特性の周期の2倍の周期を有する。このため、測定回路43内の光フィルタの周期は測定回路42内の光フィルタの周期より小さく設定する必要がある。測定回路42の特性では、図8に示した波長周期 Λ_6 、 Λ_7 で同じ測定レベルを出力する。このため、単体では波長周期 Λ_6 と Λ_7 との波長を識別することはできない。しかし、図8(b)の特性による出力レベルを同時にモニタすることでその識別が可能になる。この状況は図5に示した第四実施例と同じである。本実施例と第四実施例との差異は、同じ周期を有する複数の光フィルタの位相をオフセット配置して使用する（第四実施例）か、異なる周期を有する複数の光フィルタを使用する（第五実施例）かという点にある。

【0053】ここでは波長デスクリミネータを2並列とする例を示したが、原理的にはその並列度を大きくすることにより、測定波長範囲をさらに拡大できる。

【0054】以上のように本実施例では、波長伝達特性の周期が異なる複数の波長デスクリミネータを並列設置することにより、測定波長範囲を容易に拡大できる。

【0055】以上に説明した本発明の光波長監視回路は、測定した波長値の正規の値からの誤差成分を演算して出力する構成とすることもできる。この結果、例えば波長可変光源の出力光信号の波長を制御するフィードバック系の一部、すなわち波長誤差検出回路として使用す

ることができる。このように、本発明の光波長監視回路は単なる波長監視だけでなく、波長制御フィードバック系にも利用できる。

【0056】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光波長監視回路は、広い波長範囲に離散的に配置された光信号の波長を高感度に測定できる。また、少数のパッシブな光フィルタを用いて構成できるため、回路が小型かつ簡易であり、消費電力が小さく、故障に強く、かつ経済的である。さらに、信号レベル変動や光フィルタの波長特性

の影響が小さく、安定で高精度な測定が可能である。

【0057】本発明の光波長監視回路は、波長配置が離散的な場合に用いて有効であり、ある波長間隔で光信号が波長多重された光通信システムに組み込まれる波長監視回路や、そのシステムに適用される波長可変光源の波長監視、制御回路などのように小型化、低消費電力化、高信頼化、経済化が要求される用途に用いて特に効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明第一実施例の光波長監視回路を示すブロック構成図。

【図2】第一実施例の動作を説明する図。

【図3】本発明第二実施例の光波長監視回路を示すブロック構成図。

【図4】本発明第三実施例の光波長監視回路を示すブロック構成図。

【図5】本発明第四実施例の光波長監視回路を示すプロ

ック構成図。

【図6】第四実施例の動作を説明する図。

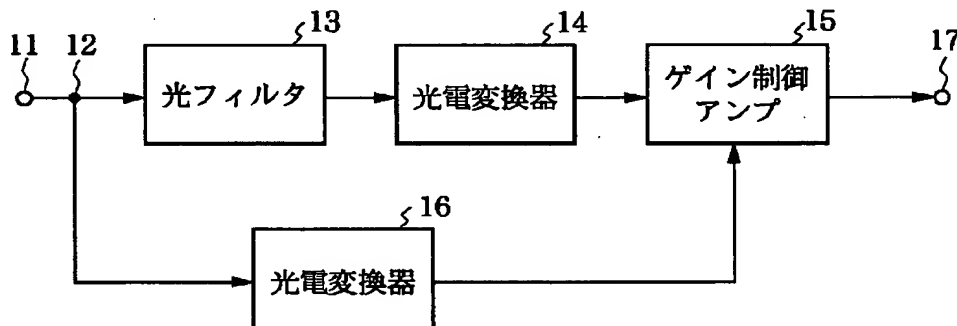
【図7】本発明第五実施例の光波長監視回路を示すブロック構成図。

【図8】第五実施例の動作を説明する図。

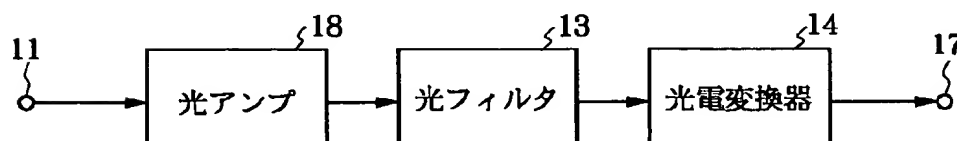
【符号の説明】

- 11 光ファイバ入力端子
- 12 光カップラ
- 13 光フィルタ
- 14、16 光電変換器
- 15 ゲイン制御アンプ
- 17、27、38 電気信号出力端子
- 18 光アンプ
- 21 基準光源
- 22、31、41 光信号入力端子
- 23、32 光スイッチ回路
- 24 制御端子
- 25 光波長監視部
- 26 制御部
- 33 光スイッチ制御端子
- 34、35 光波長監視部
- 36 電気スイッチ回路
- 37 制御端子
- 42、43 測定回路
- 44 演算回路
- 45 出力端子

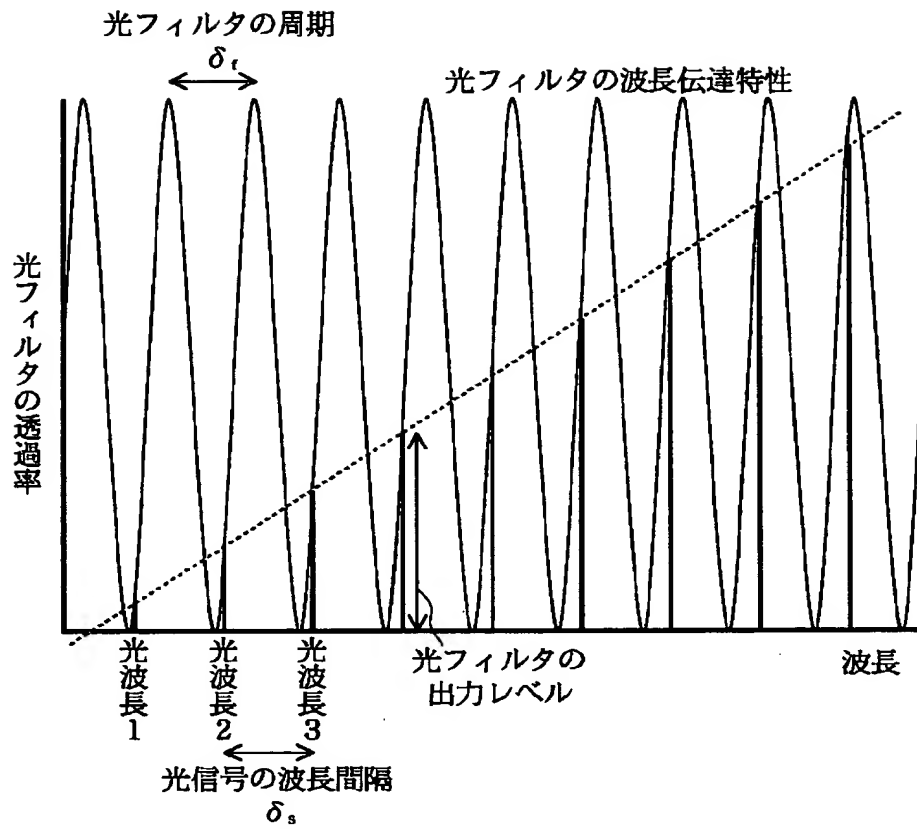
【図1】



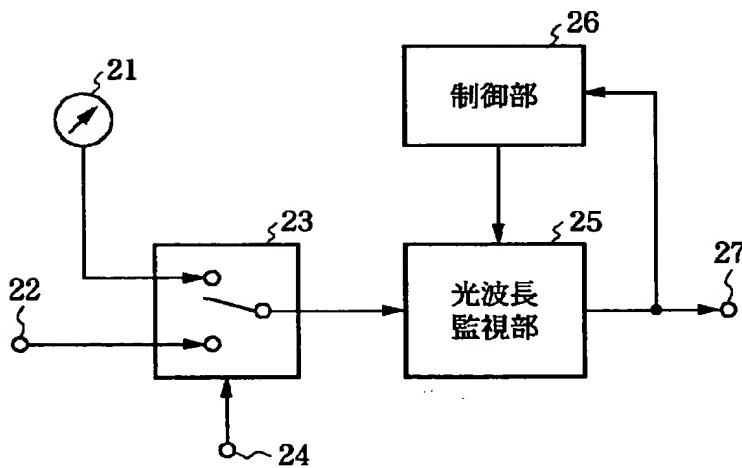
【図3】



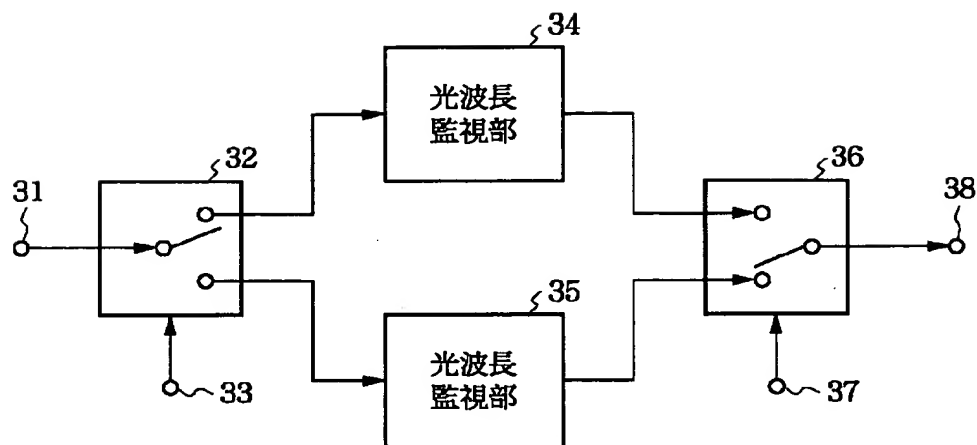
【図2】



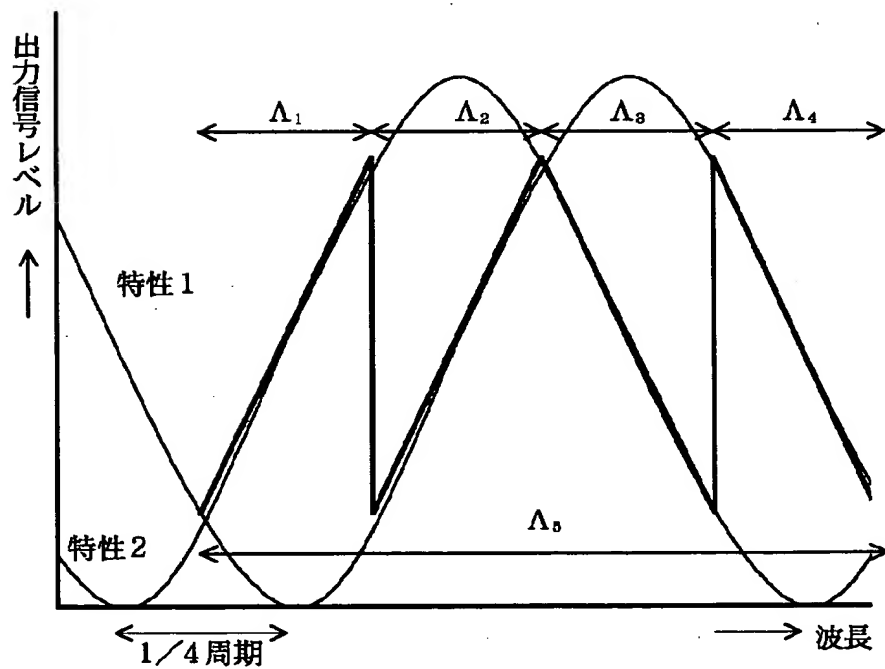
【図4】



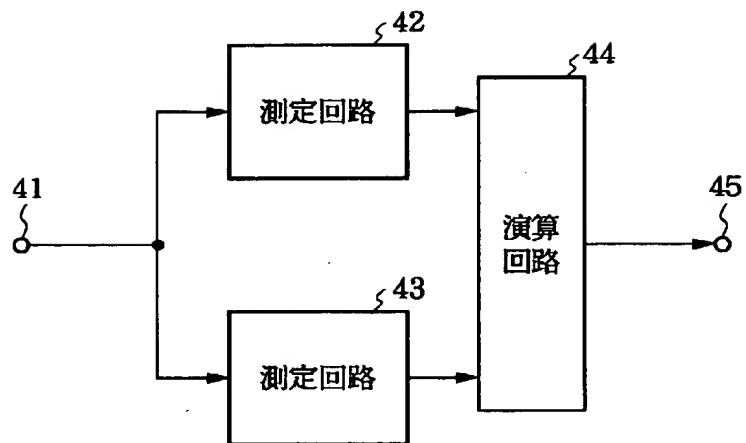
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

